

PAT-NO: JP402288228A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02288228 A

TITLE: DRY ETCHING AND DEVICE THEREFOR

PUBN-DATE: November 28, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OTSUBO, TORU

TOKUDA, MITSUO

OHARA, KAZUHIRO

AZUMA, JUNZO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

HITACHI LTD

N/A

APPL-NO: JP01107602

APPL-DATE: April 28, 1989

INT-CL (IPC): H01L021/302, C23F004/00

US-CL-CURRENT: 216/67

ABSTRACT:

PURPOSE: To form a pattern having excellent dimensional accuracy and accuracy of a sectional shape extending over the whole surface of a wafer while enabling dry etching treatment, through which adhering dust is reduced, by using microwaves and combining a cavity resonator and a slot antenna.

CONSTITUTION: Openings through which laser beams 18 are passed are formed to the top face of a cavity resonator 7, a pattern 8a and a dust removing electrode 9. A progress is decided by a decision device 19 according to the result of the measurement of an etching monitor 17, and a signal is transmitted over a power controller 21. A magnetron 16 is supplied with power, and microwaves are oscillated from the magnetron, and fed to the cavity resonator 7 by a waveguide 15. Stationary waves at an E mode set are generated in the cavity resonator 7, thus radiating microwaves into a treating chamber from slit patterns 8b shaped at a right angle to surface currents generated. Plasma is generated in regions 25 by microwaves and magnetic fields of 875G generated by

magnets 5, diffused electrons are excited by microwaves being radiated from the slit patterns 8b and having high electric field strength, and plasma is generated in the whole treating chamber 1.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-288228

⑤ Int.Cl.<sup>3</sup>H 01 L 21/302  
C 23 F 4/00

識別記号

B  
A

庁内整理番号

8223-5F  
7179-4K

⑬ 公開 平成2年(1990)11月28日

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全7頁)

⑭ 発明の名称 ドライエッチング方法及びその装置

⑮ 特 願 平1-107602

⑯ 出 願 平1(1989)4月28日

⑰ 発 明 者 大 坪 徹 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑰ 発 明 者 徳 田 光 雄 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑰ 発 明 者 大 原 和 博 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑰ 発 明 者 東 淳 三 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑰ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ドライエッチング方法及びその装置

## 2. 特許請求の範囲

1. エッチングガスをプラズマ状態にしてエッチング処理をするドライエッチング方法において、ウエハ上の導電性被エッチング膜とプラズマとの間に直流電流を流してドライエッチングすることを特徴とするドライエッチング方法。
2. 上記被エッチング膜に直流電圧を印加することを特徴とする請求項1記載のドライエッチング方法。
3. ウエハ上においてスクライブ領域の被エッチング膜に導電性を有するようにしたことを特徴とする請求項1又は2記載のドライエッチング方法。
4. エッチングガスをプラズマ状態にしてエッチング処理をするドライエッチング方法において、ウエハをクランプする静電吸着用電源の電圧をエッチングの終了前にほぼ0Vに下げ、その後

放電を停止することを特徴とするドライエッチング方法。

5. エッチングガスをプラズマ状態にしてエッチング処理をするドライエッチング装置において、ウエハ上の導電性被エッチング膜と接触させてアースを含む直流電圧を印加できるように構成したことを特徴とするドライエッチング装置。
6. エッチングガスをプラズマ状態にしてエッチング処理をするドライエッチング装置において、空洞共振器と、該空洞共振器へマイクロ波を供給するマイクロ波供給手段と、上記空洞共振器とエッチング室を機械的に分離する分離手段と、上記空洞共振器に設けたスロットアンテナより上記エッチング室にマイクロ波を放射するマイクロ波放射手段と、上記エッチング室内に設置されたウエハ上の導電性被エッチング膜と上記エッチング室内に発生するプラズマとの間に直流電流を流すようにエッチング室内に磁場を形成する磁場形成手段とを備えたことを特徴とするドライエッチング装置。

7. 上記磁場形成手段によって700~1000Gの磁場を形成するように構成したことを特徴とする請求項6記載のドライエッチング装置。

8. エッチングガスをプラズマ状態にしてエッチング処理をするドライエッチング装置において、ウエハ上の導電性被エッチング膜と接触させてアースを含む直流電圧を印加できるようにウエハを静電吸着する静電吸着手段を処理室内に設置して構成したことを特徴とするドライエッチング装置。

### 3 発明の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本発明はドライエッチング処理において、処理の均一化、形成したパターンの断面形状の適正化処理中のウエハ温度の高精度制御によるパターン寸法の高精度化、処理中に付着する塵埃の低減、に有効なドライエッチング方法及びその装置に関する。

#### 〔従来の技術〕

例えば4MビットDRAMや16MビットDRAM

パターンの寸法、形状、下地の削れ量の高精度化をはかるのに必要な第1の課題はウエハ全面での均一な処理であり、このためにはウエハに接するプラズマやガスの組成、状態を均一化することである。

これを実現する方法として、特開昭63-103088号公報に示されるようにマイクロ波を用い、空洞共振器とスロットアンテナを組合せた方式が提案されている。しかしこの方式ではSF<sub>6</sub>などのエッチングガスを用いた場合、放電が発生しにくいという問題があった。

第2の課題は処理中のウエハの温度を高精度に制御し、温度の変化によるエッチング反応の変化、マスクであるレジスト形状の変化を低減することである。これに関しては特開昭58-213434号公報に示されるようにウエハを機械的にクランプし、ウエハと電極の間にガスを封入し冷却する方法や、特開昭56-47574号公報に示されるように静電吸着により、ウエハを電極に吸着し、冷却する方法が提案されている。

などのサブミクロンデバイスの製造ではパターンの微細化に伴い、パターンの寸法、パターンの形状、形成したパターンの下地の削れ量に対する高精度化が不可欠である。またパターンは微細化しても形成したパターンの厚さは薄くはならず、パターンの寸法と厚さの比を示すアスペクト比は次第に大きくなり、このパターン上に付ける膜をカバレッジ（パターンの上面と側面での付着厚さの比で表す）良く付けるために、形成したパターンの断面形状をわずかに台形になるようにすることが必要となってきている。またパターンの微細化に伴いより微細な塵埃の付着も、形成したパターンの短絡などの問題を発生し、塵埃の低減が不可欠となってきている。このような従来技術としては、例えば特開昭63-103088号公報、特開昭58-213434号公報、特開昭56-47574号公報、特開昭54-104464号公報、及び特開昭58-56337号公報等が知られている。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

サブミクロンの半導体デバイスとして形成する

ウエハをクランプする方法はウエハ上に塗布したマスクとなるレジストを押えるために、これがか、塵埃となるという問題があった。静電吸着による方法はプラズマ処理中にウエハが帯電し、電極からウエハを取外すのが困難になるという問題があった。

次に形成したパターンの断面形状を制御する方法としては特開昭54-104464号公報、特開昭58-56337号公報に示されるようにエッチング時のウエハ温度をコントロールしてレジストを後退させ、形状を制御する方法、レジストにポストベーク処理をし、レジストの形状を変化させ、エッチング形状を制御する方法が提案されている。しかしこれらの方法はレジストの形状変化を用いた間接的な方法であるために制御性が悪く、サブミクロンのパターン形成に必要な高精度な制御ができないという問題があった。

塵埃の低減に関しては特開昭58-55571号公報に示されるように、塵埃吸着電極により付着した塵埃を吸着除去する方法が提案されているが、十

分には除去できないという問題があった。また特開昭58-46639号公報に示されるように、放電によりチェンバ内壁に付着した膜を除去し、塵埃を低減する方法も提案されているが、これだけでも十分に低減することができないという問題があった。

本発明の目的は、再現性よく、ウエハ全面で寸法精度、断面形状精度のよいパターンを形成するとともに、付着する塵埃の少ないドライエッチング処理を実現するかつできるようにしたドライエッチング装置及びその方法を提供することにある。  
〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために下記に示す技術的な手段を発明したものである。

第1の課題であるプラズマやガス組成、状態の均一化に有効なマイクロ波を用い、空洞共振器とスロットアンテナを組合せた方式がSF<sub>6</sub>などのエッチングガスに対し、放電が発生しにくいという問題に対しては、この方式と永久磁石を組合せ、処理室内の一部に700~1000G（特に875G）の磁

#### 〔作用〕

第1の課題である放電発生の改良について、永久磁石により700~1000G（特に875G）の磁場を形成し、マイクロ波を供給すると700~1000G（特に875G）の領域でマイクロ波の周波数と磁場にそって回転する電子の周波数が一致し、いわゆる電子サイクロトロン共鳴の状態になり、電子がマイクロ波より効率よくエネルギーを吸収し、プラズマが発生する。このプラズマにより発生した電子がスロットアンテナより供給される電界強度の強いマイクロ波により励起され、処理室全体でプラズマが発生する。従来の放電発生ではガス中にわずかに存在する電子が励起されるだけであるため、放電発生には供給マイクロ波電力を高めることが必要である。本発明の場合電子サイクロトロン共鳴により低電力でプラズマが発生でき、多量の電子が供給されるため、処理室全体でプラズマを発生させるのに必要な電力も従来の1/2程度に低減できるとともに、安定にプラズマを発生することができ。

場を形成することで解決した。

第2の課題である処理中のウエハ温度の高精度制御に対してはエッチングモニタによりエッチングの進行状況を調べ、エッチング処理の完了前に静電吸着用電源の電圧徐々に下げ、電圧が0Vになった後、放電を停止することにより、ウエハの帯電を防止し、静電吸着方式の問題を解決することで達成した。

第3の課題であるパターンの断面形状制御に対しては、第2図に示すように被エッチング膜が導電性膜の場合、この膜に直流電圧を印加し、レジストの表面に帯電した電荷と、導電性膜の間に発生する電界により、イオンの方向を制御することで目的を達成するようにした。

第4の課題である塵埃の低減に対しては、処理室内の面に表面を絶縁物でコーティングした電極を設け、この電極に直流電圧を印加し、この電極に付着した膜を静電力により電極に吸着した飛散しないようにすることで、目的を達成するようにした。

第2の課題である静電吸着の改良について、静電吸着によりウエハを電極にクランプし、プラズマ処理をすると、静電吸着電極から発生する電界を打消すようにウエハ表面に電荷が蓄積される。この状態で放電を停止するとウエハ表面には電荷が残り、この電荷によりウエハは電極に吸着されるため、静電吸着電極に印加した電圧を0Vに下げても、ウエハを取外すのが困難となる。

本発明では放電を停止する前に、静電吸着用電源の電圧を下げることで、プラズマ中から流入する荷電粒子によりウエハ表面の電荷を順次中和し、電圧を0Vまで下げることで、静電吸着によるウエハ表面の電荷を除去することができ。したがってこの後放電を停止することにより、ウエハの帯電はなくなり、電極よりウエハを容易に取外すことができる。

第3の課題である断面形状の制御について、第2図に示すように導電性の被エッチング膜104に負の直流電圧を直流電源103より印加すると、プラズマ101とウエハ102間のシースにこの直流電圧

が印加され、ウエハには主に正電荷を持ったイオンが流入する。そのためマスクとなるレジスト膜の上面は、このイオンにより正に帯電106する。したがって印加した直流電圧の電位差はほとんどがレジスト上面と導電性被エッチング膜の間にかかる。この間に発生する電界107はイオンに対し、静電レンズと同様の働きをするため、イオンの方向をこの電界によりコントロールすることができる。

第2図に示すように負電圧を印加した場合、イオンは軌道108に示すようにパターンより離れる方向に動き、台形の断面形状109をもったパターンを形成できる。

第4の課題である塵埃の低減について、処理室の内壁を、表面が絶縁物でコーティングされた電極でカバーする。

プラズマ処理で発生する反応生成物はこの電極表面に付着し、膜を形成する。これがはがれるなどし、塵埃の原因となるが、電極に直流電圧を印加すると、電極表面に付着した膜は静電吸着によ

り吸着され、容易にははがれなくなる。

これにより従来塵埃として飛散したものも電極に吸着されているため、ウエハに付着する塵埃を低減できる。

また電極の表面は絶縁物でコーティングされているため、導電性の塵埃、膜も吸着できる。

#### 〔実施例〕

本発明の一実施例を第1図により説明する。

処理室1には排気管2、ガス供給管3が設けてあり、それぞれ図示しない排気ポンプおよびガス供給装置に接続されている。処理室1の外周にはヨーク6により連結したマグネット5が設置しており、処理室内の一部に700~1000G(特に875G)の磁場を形成するように設計されている。処理室1の上面には空洞共振器7が設置してあり、処理室1との間は石英板8により封じてあり、空洞共振器7が大気中で動作できるようにしてある。石英板8の処理室側の面には第3図に示すパターン8aのアルミ膜がスパッタにより形成されている。この膜と空洞共振器7は電気的に良好な状態で接

続されており、全体で空洞共振器を形成している。パターン8aのマイクロ波を放射するスリット部分8bは245GHzのマイクロ波の放射をよくするため、長さは約60mm幅10mmに設定している。

空洞共振器7は共振モードがEモードになるよう設計されており、マイクロ波放射のスリットパターン8aもこのモードに合わせ同心円状となっている。導波管15もEモードに合わせ中心より偏心した位置に取付け、結合をよくしている。導波管15にはマグネトロン16が取付けてあり、図示しない電源に接続してある。

処理室1の下面にはステージ電極10が絶縁リング13により、処理室1とは絶縁されて設置してある。電極10の内部には冷却水供給管12により供給される冷却水が通るようになって電極の温度を一定に保つようになっている。また電極10の上面には静電吸着電極11が組込まれており、ウエハ14を電極に固定でき、その動作は静電吸着用電源20、電源コントローラ21によりコントロールされている。静電吸着用電極11とウエハ14の間には冷却ガ

ス供給装置24よりヘリウムガスを1~10Torrの圧力で供給される。静電吸着用電極11はこのガス圧力によってもウエハ14が浮き上がらないだけの力により吸着するように設定されている。電極10には直流電源22が接続してあり、電極10の周囲を介してウエハ14と導通する構成となっている。

処理室1の内部には除塵電極9が取付けてある。

この電極の表面はアルミナ溶射されている。

また上面のガス供給口4、マイクロ波放射スリット8bと接する部分は開口が設けてあり、ガスの供給、マイクロ波の放射に支障ないようにしている。また除塵電極9には直流電源23が接続してあり、100~1000Vの電圧が印加できるようになっている。

空洞共振器7の上面にはレーザ干渉式のエッチングモニタ17が付けてある。空洞共振器7の上面、パターン8a、除塵電極9にはこのレーザ光18が通る開口が設けてある。エッチングモニタ17の測定結果は、判定装置19により進行状況を判定し、電源コントローラ21に信号を送るようになっている。

る。

次に本実施例における動作を説明する。

処理室1にガス供給管3よりエッチングガスを供給し、排気管2より排気しながら処理室内を1  $\mu$  の圧力に保つ。エッチングガスとしてはポリシリコンをエッチングする場合、たとえばフロン115とSF<sub>6</sub>を混合したガスを用いる。

電極10には冷却水供給管より20℃の冷却水を流し、電極の温度を20℃に一定化する。静電吸着電極11に静電吸着用電源より500Vの電圧を印加しウエハ14をクランプする。ウエハと静電吸着電極11の間には40  $\mu$  のヘリウムガスが冷却ガス供給装置24より供給され一定圧力に保たれる。

ウエハ14は電極の外周10aで電極と導通とている。また電極10には直流電源22が接続してあり、150Vの電圧が印加されている。

次に図示しないマグネトロン電源よりマグネトロン16に電力を供給し、マグネトロンよりマイクロ波を発振させ、導波管15により空洞共振器7に供給する。空洞共振器7には設定されたEモード

オンがこのシース間で加速されウエハに入射する。

しかしウエハ表面のレジスト膜は絶縁膜であるために、レジスト膜の表面は正に帯電し、ウエハに印加した直流電圧は主にレジスト表面とポリシリコン膜との間に印加されたようになる。これにより発生する電界により、イオンはレジストパターンより離れる方向に軌道を曲げられるため、エッチングされたポリシリコンパターンは台形状の断面形状にエッチングできる。またエッチングが完了するとポリシリコン膜はスクライブラインの領域と切り離されるため直流電圧は印加されなくなり、イオンが加速されなくなるため、下地膜のエッチングは進行しない。

このエッチングの進行状況はエッチングモニター17で測定され、干渉光強度変化より判定装置19によりエッチングが完了したことを検知する。この検知信号を電源コントローラ21に送る。コントローラでは静電吸着用電源20の出力電圧を500Vから1秒ほどで0Vまでなめらかに低下させる。この時ウエハ表面の帯電はプラズマから入射する荷

の定在波が発生し、これにより発生する表面電流に対し直角に設けたスリットパターン8bよりマイクロ波が処理室内に放射される。

このマイクロ波とマグネット5により発生した875Gの磁場により領域25にプラズマが発生し、このプラズマより拡散した電子がスリットパターン8bより放射された電界強度の強いマイクロ波に励起され、処理室1全体にプラズマが発生する。

ウエハ14は半導体チップに分割するスクライブラインの部分に絶縁膜を形成しない処理を行い、ウエハ表面に形成したポリシリコン膜とSiウエハ本体との間が電気的に導通するようにしてある。

またポリシリコン上にはエッチングするパターン形成にレジストのマスクが形成されている。

したがってポリシリコン膜には電極10に印加された直流電圧が印加される。

発生したプラズマによりエッチングガスはイオンラジカルとなりウエハ表面に供給される。

プラズマとウエハ間のシースにはウエハ14に印加された直流電圧が印加され、プラズマからはイ

電粒子により中和される。

この後、マイクロ波の供給を停止しプラズマを消し、エッチング処理を完了する。

エッチング処理中、除塵電極9には直流電圧が印加してあり、プラズマ発生などにより処理室内の温度が変化し、付着した膜がはがれるような状態になっても、静電力により吸着されており、塵埃の飛散が防止できる。

以上本実施例ではSiウエハと導電性膜間の導通がとれる構造としているがこれに限定されるものではない。たとえば第4図に示すようにウエハクランプ30に直流電源22より電圧を印加し、このクランプ30よりウエハ表面に形成した導通性膜に電圧を印加することも可能である。

また本実施例では直流電圧を印加しただけであったが高周波電圧を合わせて印加することも可能である。高周波の場合、導電性膜とレジストなどの絶縁膜性の差がほとんどないため、高周波電圧によるイオン加速の効果はプラズマからレジスト膜に入射するイオンを加速する効果となる。言い

換えれば、レジスト面と導電性膜の間にできる電界107に射入するイオンの初速を高周波電圧により、コントロールすることができる。またプラズマに直流電圧を印加し、導電性膜をアースに接続する方法でも同様であることは明らかである。

これにより導電性膜に射入する際のイオンのエネルギーとイオンの軌道、が任意にコントロールでき、イオンのエネルギーをエッチングに最適化した上で、断面形状をコントロールすることができる。

高周波電源を接続する場合、高周波電源33はマッチングボックス32を介して電極10に接続し、直流電源22はローパスフィルタ31を介してウエハクランプ30なり、電極10に接続することができる。

処理室1内に700～1000 G（特に875 G）を磁場を形成するマグネットの配置は本実施例に限定されるものではなく、処理室内に700～1000 G（特に875 G）の磁場が一部に形成されるのであればどのような配置でもよい。

静電吸着用電源20をコントロールするエッチングモニタも本実施例に限定されるものではなく、

エッチングの完了が検出できる方法であればよい。

また本実施例ではエッチングを中心に述べたが、本発明はこれに限定されるものでないことは容易に推定される。プラズマCVD、スパッタ等、プラズマを用いた処理であれば本発明で述べたプラズマ発生方法、基板冷却コントロール方法、塵埃の低減方法などは同様に実施することができる。

〔発明の効果〕

以上説明したように本発明によれば均一なプラズマを発生できる空洞共振器とスロットアンテナを組合せたプラズマ発生方式により、エッチングガスを用いて1 p a程度の圧力で安定して放電を発生できるため、ラジカル等も拡散により均等になり、反応生成物も拡散により均等にできるとともに、均一なプラズマが発生できるのでウエハ全面で均一なエッチングができ、完成デバイスの特性の均一化、高性能ができる。

また本発明によれば導通性膜のエッチングパターン断面形状を台形に制御できるため、この上に形成する膜がカバレッジよく形成でき、配線等の断

線、短絡が低減でき製品の歩留まりを向上できるとともに、信頼性の向上がはかれる。

また本発明によれば静電吸着式ウエハクランプを用いてもウエハの搬送が確実に行うことができ、装置の生産性を高めることができる。

また本発明によれば処理による塵埃の付着を低減でき、製品歩留まりの向上、信頼性の向上がはかれる。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明のドライエッチング装置の一実施例を示す部分断面システム構成図、第2図は本発明におけるドライエッチング断面形状制御の原理を示す図、第3図は第1図に示す石英板を示した平面図、第4図は本発明におけるエッチング断面形状制御における他方式の実施例を示す概略構成図である。

- |        |            |
|--------|------------|
| 1…処理室、 | 5…マグネット、   |
| 6…ヨーク、 | 7…空洞共振器、   |
| 8…石英板、 | 9…除塵電極、    |
| 10…電極、 | 11…静電吸着電極、 |

- |              |             |
|--------------|-------------|
| 14…ウエハ、      | 16…マグネトロン、  |
| 17…エッチングモニタ、 | 20…静電吸着電源、  |
| 22…直流電源、     | 23…直流電源、    |
| 24…冷却ガス供給装置、 | 30…ウエハクランプ、 |
| 33…高周波電源、    |             |

代理人弁理士 小川勝男





